БЕЗОПАСНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА
SAFETY OF HUMAN ACTIVITY



УДК 621:658:331.43:005.963 DOI 10.12737/10396

Оценка риска человеческого фактора в системе «персонал — подъемные механизмы — производственная среда» на предприятиях машиностроения*

Е. В. Егельская[1], А. А. Короткий[2]**
[1,2] Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Risk assessment of the human factor in ‘staff - hoists - production environment’ system at machine-building enterprises ***

E.V. Yegelskaya[1], A.A. Korotkiy[2]**
[1,2] Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Целью исследования является разработка метода оценки риска человеческого фактора в системе «персонал — подъемные механизмы — производственная среда». Предложенный метод позволяет определить уровень подготовки персонала и принятия соответствующих управленческих решений на машиностроительных предприятиях, эксплуатирующих подъемные механизмы. Представлена интерпретация реализации возможного неблагоприятного события (аварии/инцидента, несчастного случая). По результатам анализа материалов расследований аварий и несчастных случаев на машиностроительных предприятиях, где эксплуатируются подъемные механизмы, и проведенного анкетирования выделены и сгруппированы характерные опасные действия обслуживающего персонала и должностных лиц (руководителей и специалистов). В результате построена матрица, позволяющая определить возможность аварии/инцидента или несчастного случая от частоты ошибочных действий персонала. Проведенное исследование позволило сделать следующий вывод. На машиностроительных предприятиях 4-го класса опасности целесообразно применение метода экспертного анализа для оценки организационных причин ошибочных действий персонала при эксплуатации объектов, на которых установлены подъемные механизмы.

Ключевые слова: машиностроительные предприятия, оценка риска человеческого фактора, подъемные механизмы, подготовка персонала.

The research objective is to develop the technique of assessing a human factor risk in the ‘staff - hoists - production environment’ system. The proposed method allows evaluating the degree of staff training and of the appropriate managerial solutions at the machine-building enterprises operating hoists. Three groups of hazards associated, respectively, with the false staff operation, the hoist state, and the production environment of the machine builder, are considered. An interpretation of the potential adverse event instance (misfortune, incident, accident) is presented. Based on the analysis of the accident investigation reports at the machine-building enterprises operating hoists and on the conducted questionnaire surveys, the specific dangerous actions of the staff and executive officers (managers and expert personnel) are identified and classified. As a result, the matrix is constructed to determine the probability of potential accidents, incidents or misfortunes depending on the frequency of the false staff actions. The study allows drawing the following conclusion. At the machine-building enterprises of the 4th hazard class, it is considered expedient to apply the expert analysis method to assess the organizational human error causes when running the plants with hoists. Under these conditions, the method of risk assessment appears quite simple and effective in terms of the engineering safety analysis.

Keywords: machine-building enterprises, human factor risk assessment, hoists, personnel training.

Введение. Машиностроительные предприятия относятся к 4-му классу опасности [1], т. к. предполагают установку и эксплуатацию подъемных механизмов. Для таких предприятий нормативно-правовыми документами в области охраны труда и промышленной безопасности предусмотрено проведение риск-анализа. При оценке риска, связанного с аварией (инцидентом) на предприятиях машиностроения, следует проанализировать различные сценарии, отражающие как наиболее типичные и вероятные, так и неблагоприятные (как правило, маловероятные) события.

*Работа выполнена в рамках инициативной НИР.
**e-mail: egelskaya72@mail.ru, korot@novoch.ru
*** The research is done within the frame of the independent R&D.

Базой для оценки риска служит процедура идентификации, основанная на представленной информации о следующих факторах:

— класс опасности производственной среды;

— работа технических систем;

— документированная частота отказов подъемных механизмов и ошибок персонала;

— статистические данные о несчастных случаях и пр.

Результатом идентификации является четкое описание всех потенциальных опасностей, обусловленных работой подъемных механизмов, установленных на машиностроительном предприятии. Таким образом, речь идет о возможной реализации неблагоприятного события.

Основная часть. В процессе идентификации рекомендуется рассматривать три группы опасностей, связанные с:

1) ошибочными действиями персонала;

2) состоянием подъемного механизма;

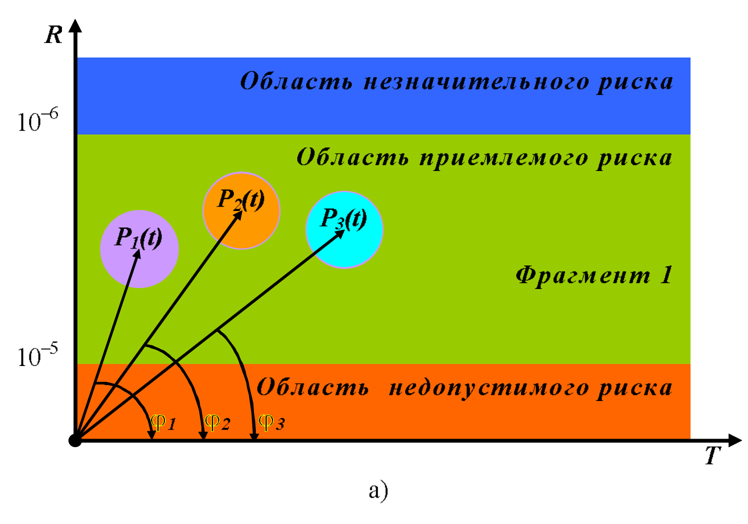
3) производственной средой машиностроительного предприятия, характеризующегося 4-м классом опасности.

На рис. 1 представлена графическая интерпретация реализации возможного неблагоприятного события (аварии/инцидента, несчастного случая), на которой вероятности опасностей $P_1(t)$, $P_2(t)$, $P_3(t)$ изображены в виде векторов, связанных с нулевым значением риска. Данные векторы имеют направление, характеризующееся соответствующими углами $\varphi_1 — \varphi_3$. Дисперсия (рассеивание) вероятностей опасностей представлена в виде окружностей, центры которых связаны с концами векторов соответствующих рисков. Поле возможных реализаций опасностей с учетом частоты реализации неблагоприятного события статически разделено на три области:

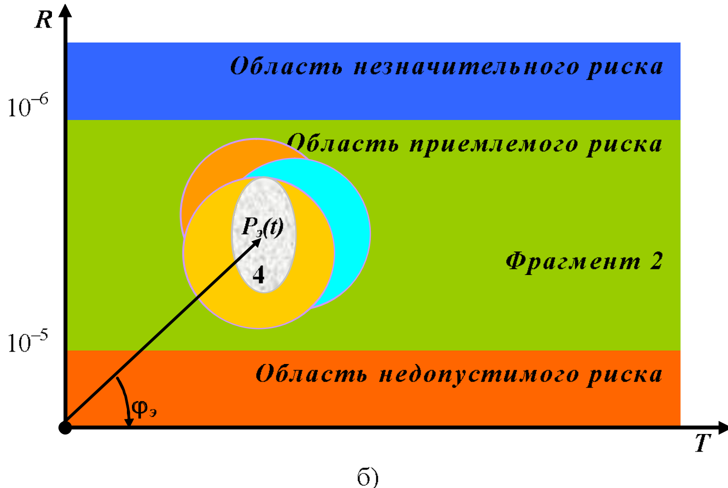
— область незначительного риска, $R_i > 10^{-6}$;

— область приемлемого риска, $10^{-5} \leq R_i < 10^{-6}$;

— область недопустимого риска, $R_i < 10^{-5}$.



а)



б)

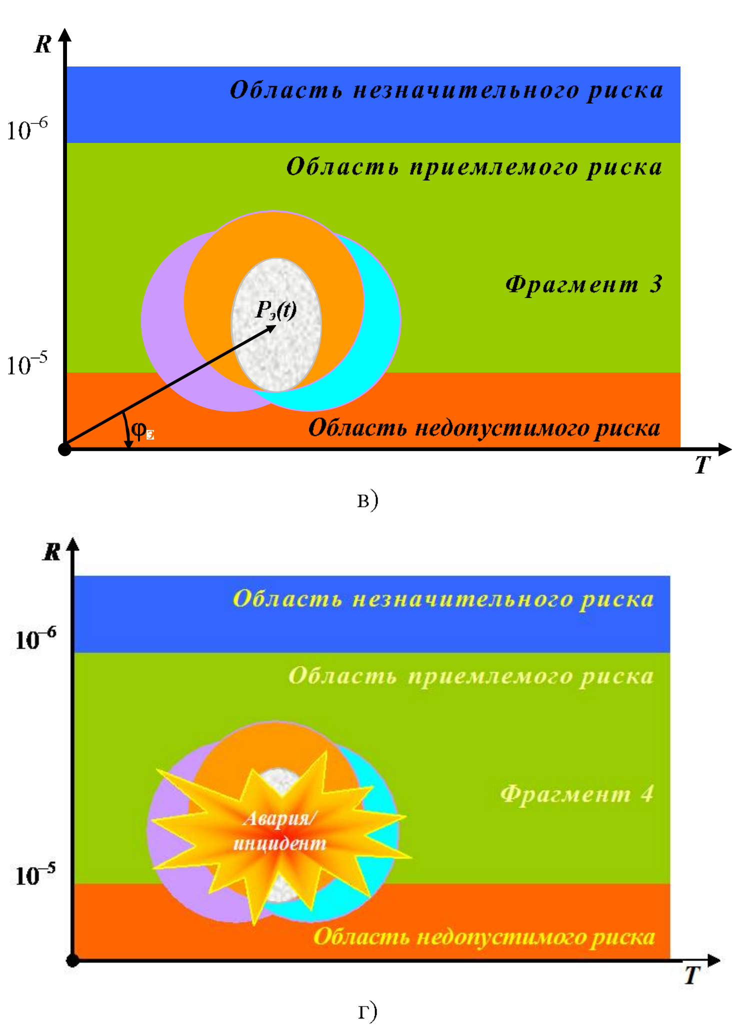


Рис. 1. Фрагменты процесса возникновения и развития неблагоприятного события (аварии/инцидента, несчастного случая): риск R во времени T

Следует отметить, что риски могут изменяться за счет следующих факторов:

— вероятностный характер ошибочных действий персонала;

— деградационные процессы, происходящие в подъемных механизмах;

— отклонения от нормированных параметров (частоты) технологического процесса производственной среды, в которой объект эксплуатируется (для машиностроительных предприятий — 4-й класс опасности).

Соответственно, варьируются вектор конкретной опасности и окружности, характеризующие ее дисперсию. Кинетика реализации неблагоприятного события во времени состоит в том, что при движении окружностей возможно пересечение их секторов либо пересечение линии области недопустимого риска на поле возможных реализаций. Область недопустимого риска всецело зависит от класса опасности — чем ниже класс, тем выше допустимый риск эксплуатации конкретного подъемного механизма. Квазистатический процесс неблагоприятного события представлен на рис. 1.

Полная реализация неблагоприятного события может быть представлена как сумма векторов событий:

$$P = P_1(t) + P_2(t) + P_3(t),$$

где $P_1(t)$ — опасность, связанная с ошибочными действиями персонала; $P_2(t)$ — опасность, связанная с состоянием подъемного механизма; $P_3(t)$ — опасность, связанная с производственной средой, характеризующейся классом опасности.

Уровень обеспечения безопасности при эксплуатации подъемного механизма отвечает требуемому (допустимому), если выполняется условие:

$$\sum_{1}^{3} R_i \leq [R], \tag{1}$$

где $[R]$ — допустимый (нормируемый) риск [2, 3] эксплуатации подъемного механизма; $[R] = 10^{-5}$ год$^{-1}$ — для подъемных механизмов, эксплуатируемых на опасных производственных объектах 4-го класса опасности.

На практике идентификации опасностей, исходящих от конкретного типа подъемного механизма и уровня подготовки обслуживающего персонала на машиностроительном предприятии, могут давать в качестве результата большое число сценариев неблагоприятных событий, которые оценить аналитическими методами очень сложно.

При этом детализированный количественный анализ частот и последствий не всегда осуществим. В таких ситуациях целесообразно выполнять качественное ранжирование сценариев, помещая их в матрицы, определяющие уровни рисков.

Ранее в работах [4, 5, 6] были исследованы опасности, связанные с состоянием подъемных механизмов (на примере подвесных канатных дорог и стальных канатов).

Опасности, связанные с ошибочными действиями персонала при эксплуатации подъемных механизмов, до настоящего времени не исследовались.

Характерные опасные действия персонала выделены и сгруппированы на основе:

— анализа материалов расследований аварий и несчастных случаев на машиностроительных предприятиях, где эксплуатируются подъемные механизмы [7];

— анкетирования более 500 человек.

Установлено, что опасные действия обслуживающего персонала и должностных лиц (руководителей и специалистов) различны, ввиду различия решаемых задач и выполняемых функций.

К опасным действиям рабочих отнесены:

— невосприятие или ошибочное (замедленное) восприятие сигнала, признаков опасности;
— ошибочная оценка ситуации;
— ошибочное или несвоевременное решение;
— неприятие решения;
— пропуск (невыполнение положенного действия или операции);
— несвоевременное действие;
— применение опасного приема или запрещенного действия;
— импульсивные действия.

Отдельно следует сказать об опасном состоянии — прострации (ступор).

К опасным действиям руководителей и специалистов отнесены:

— ошибочное восприятие признаков опасности;
— неадекватный анализ опасной ситуации;
— ошибочная оценка ситуации, состояния объекта;
— ошибочная формулировка проблемы;
— ошибочный прогноз событий или отсутствие прогноза;
— ошибочное или несвоевременное решение;
— непринятие решения;
— отсутствие или несвоевременная выдача соответствующих распоряжений;
— ошибочные распоряжения;
— неисполнение или несвоевременное исполнение распоряжений;
— некачественный или несвоевременный контроль;
— несвоевременная (неточная или ложная) информация о результатах контроля;
— отсутствие или ошибочная реакция по результатам контроля.

Соответствующие данные могут быть обобщены и представлены в виде таблицы.

Для определения частоты каждого из нежелательных событий или сценариев аварий (инцидентов), идентифицируемых на стадии выявления опасностей, и анализа риска целесообразно применять наиболее доступный метод, основанный на использовании мнения экспертов, — так называемый «индекс опасности».

Для предприятий 1–3-го классов опасности оценка риска осуществляется по другим видам опасности. Значения рисков в данном случае существенно выше, чем на машиностроительных предприятиях, т. к. не ограничиваются подъемными механизмами.

Таблица 1

Матрица риска ошибочных действий персонала

Частота возникновения ошибки, 1/год		Возможность наступления аварии или несчастного случая в производственной среде с учетом класса опасности*			
		Высокая	Средняя	Малая	Пренебрежимо малая
Часто	>1	A	A	A	C
Вероятно	$1–10^{-2}$	A	A	B	C
Возможно	$10^{-2}–10^{-4}$	A	B	B	C
Редко	$10^{-4}–10^{-6}$	A	B	C	D
Практически невероятно	$<10^{-6}$	B	C	C	D

*Величина риска: А — высокая, обязателен количественный анализ риска, или требуются особые меры обеспечения безопасности; В — средняя, желателен количественный анализ риска, или требуется принятие определенных мер безопасности; С — малая, рекомендуется проведение качественного анализа опасностей или принятие некоторых мер безопасности; D — незначимая, анализ и принятие специальных (дополнительных) мер безопасности не требуется

Рассмотрим применение этого метода для машиностроительных предприятий 4-го класса опасности. Оцениваться будут организационные причины, связанные с ошибочными действиями персонала при эксплуатации объектов, на которых установлены подъемные механизмы.

Метод экспертного анализа риска «индекс опасности» при эксплуатации подъемного механизма заключается в статистической обработке баллов, выставленных группой квалифицированных экспертов по значимым ошибкам обслуживающего персонала, обнаруженным при обследовании рабочих мест и анкетировании.

Примем вышеперечисленный перечень ошибок персонала как совокупность факторов для комплексной оценки и определим по 10-балльной шкале пределы изменения их значимости для конкретного подъемного механизма, эксплуатирующегося в определенной производственной среде машиностроительного предприятия 4-го класса опасности.

На основании матрицы риска ошибочных действий персонала (табл. 1) даны рекомендации по проведению риск-анализа. Риск оценивается в баллах и предлагаются соответствующие варианты управления безопасностью — управленческие решения относительно персонала, эксплуатирующего подъемные механизмы (табл. 2).

Таблица 2

Зависимость индекса опасности от уровня подготовки обслуживающего персонала, эксплуатирующего подъемные механизмы

Значения индекса опасности	Качественная оценка, характеризующая ошибки персонала	Уровень риска
> 10	У персонала отсутствует подготовка, эксплуатация (даже временная) запрещена	$1 \div 10^{-2}$
6–10	Персонал плохо подготовлен, эксплуатация не рекомендуется	$10^{-2} \div 10^{-4}$
2–6	Персонал недостаточно подготовлен, эксплуатация разрешена при усиленном контроле	$10^{-4} \div 10^{-6}$
< 2	Персонал подготовлен, эксплуатация разрешена	$<10^{-6}$

Для определения уровня подготовки персонала на первом этапе риск-анализа предлагается использовать тестовые задания и опросные листы, позволяющие устанавливать уровень психологической готовности. На втором этапе проводится обучение — теоретические и практические занятия с возможностью закрепления и применения полученных знаний при эксплуатации подъемных механизмов в определенной производственной среде [8, 9]. Данные табл. 2 позволяют принять решение по повышению уровня подготовки персонала [10].

Заключение. Принятый метод оценки риска является достаточно простым и эффективным с точки зрения инженерного анализа безопасности на машиностроительном предприятии при эксплуатации подъемных механизмов. Его применение позволяет комплексно оценивать уровень подготовки персонала и принимать соответствующие управленческие решения.

Библиографический список

1. О промышленной безопасности опасных производственных объектов : федер. закон № 116-ФЗ от 21.07.1997 [Электронный ресурс] // Консультант плюс. —Режим доступа:www.consultant.ru/document/cons_doc_ LAW_173548/ (дата обращения 17.02.14).

2. Такала, Ю. Охрана труда в цифрах и фактах. Направления совершенствования глобальной культуры охраны труда [Электронный ресурс] / Ю. Такала, Я. Грехэм, С. Мачида; Международная организация труда. — Режим доступа: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---europe/---ro-geneva/--sromoscow/documents/genericdocument/ wcms_305834.pdf (дата обращения 17.02.14).

3. Торрингтон, Д. Управление человеческими ресурсами / Д. Торрингтон, Л. Холл, С. Тейлор. — 5-е изд. — Москва : Дело и сервис, 2004. — 752 с.

4. Повышение безопасности канатных дорог на основе оценки риска при эвакуации и спасении пассажиров / А. А. Короткий [и др.] // Безопасность труда в промышленности. — 2008. — № 2. — С. 51–58.

5. Короткий, А. А. Экспертиза промышленной безопасности и оценка риска для обоснования безопасности грузоподъемных машин, отработавших нормативный срок службы / А. А. Короткий, В. С. Котельников, В. Б. Маслов // Безопасность труда в промышленности. — 2013. — № 2. — С. 68–74.

6. Короткий, А. А. Влияние высокотемпературных воздействий на риск эксплуатации подъемных канатов / А. А. Короткий, М. Н. Хальфин / Вестник Дон. гос. техн. ун-та. — 2013. — № 1–2 (70–71). — С. 112–117.

7. Годовой отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2013 году [Электронный ресурс] / Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору ; ЗАО НТЦ ПБ. — Режим доступа: http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/Отчет%202013.pdf (дата обращения 17.02.14).

8. Положение об организации работы по подготовке и аттестации специалистов организаций, поднадзорных Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору (в ред. Приказов Ростехнадзора от 27.08.10 № 823, от 15.12.2011 № 714) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: www.mspbsng.org/article/584 (дата обращения 17.02.14).

9. О внесении изменений в Положение об организации работы по подготовке и аттестации специалистов организаций, поднадзорных Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору, утвержденное приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 29 января 2007 г. № 37 : Приказ по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) от 6 декабря 2013 г. № 591 / Ростехнадзор // Рос. газ. — 2014. — № 68. — 26 марта. — Режим доступа: http://www.rg.ru/2014/03/26/rabota-dok.html (дата обращения 17.02.14).

10. Дистанционная подготовка руководителей и специалистов в области промышленной безопасности подъемных сооружений / А. А. Короткий [и др.] // Технадзор. — 2014. — № 3 (88). — С. 16–17.

References

1. O promyshlennoy bezopasnosti opasnykh proizvodstvennykh ob"ektov : feder. zakon № 116-FZ ot 21.07.1997. [On industrial safety of hazardous production facilities: Feder. Law no. 116-FZ of 21.07.1997] Konsul'tant plyus. Available at: www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_173548/ (accessed: 17.02.14) (in Russian).

2. Takala, I., Fraham, Y., Machida, S. Okhrana truda v tsifrakh i faktakh. Napravleniya sovershenstvovaniya global'noy kul'tury okhrany truda. [Occupational safety in facts and figures. Prospects of development of the global labour protection culture.] International Labour Organization. Available at: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---europe/---ro-geneva/---sro-moscow/documents/genericdocument/wcms_305834.pdf (accessed: 17.02.14) (in Russian).

3. Torrington, D., Hall, L., Taylor, S. Upravlenie chelovecheskimi resursami. [Human Resource Management.] 5th ed. Moscow: Delo i servis, 2004, 752 p. (in Russian).

4. Korotkiy, A. A., et al. Povyshenie bezopasnosti kanatnykh dorog na osnove otsenki riska pri evakuatsii i spasenii passazhirov. [Improving safety of the cable cars on the basis of risk assessment during escape and life saving.] Bezopasnost' truda v promyshlennosti, 2008, no. 2, pp. 51–58 (in Russian).

5. Korotkiy, A. A., Kotelnikov, V. S., Maslov, V. B. Ekspertiza promyshlennoy bezopasnosti i otsenka riska dlya obosnovaniya bezopasnosti gruzopod"emnykh mashin, otrabotavshikh normativnyy srok sluzhby. [Expertise of industrial safety and risk assessment for the safety of overaged hoisting machinery.] Bezopasnost' truda v promyshlennosti, 2013, no. 2, pp. 68–74 (in Russian).

6. Korotkiy, A. A., Khalfin, M. N. Vliyanie vysokotemperaturnykh vozdeystviy na risk ekspluatatsii pod"emnykh kanatov. [High-temperature effect on operation risk of lift cables.] Vestnik of DSTU, 2013, no. 1–2 (70–71), pp. 112–117 (in Russian).

7. Godovoy otchet o deyatel'nosti Federal'noy sluzhby po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru v 2013 godu. [Annual report on the activities of the Federal Service for Ecological, Technological and Nuclear Supervision in 2013.] Federal'naya sluzhba po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru ; [Rostekhnadzor] ZAO NTTs PB. Available at: http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/Отчет%202013.pdf (accessed: 17.02.14) .14) (in Russian).

8. Polozhenie ob organizatsii raboty po podgotovke i attestatsii spe-tsialistov organizatsiy, podnadzornykh Federal'noy sluzhbe po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru (v red. Prikazov Rostekhnadzora ot 27.08.10 № 823, ot 15.12.2011 № 714.) [Statement on the organization of training and certification of specialists of the organizations supervised by the Federal Service for Ecological, Technological and Nuclear Supervision (as revised in Rostekhnadzor Orders of 27.08.10 no. 823, of 15.12.2011 no. 714)]. Available at: www.mspbsng.org/article/584 (accessed: 17.02.14) (in Russian).

9. O vnesenii izmeneniy v Polozhenie ob organizatsii raboty po podgotovke i attestatsii spetsialistov organizatsiy, podnadzornykh Federal'noy sluzhbe po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru, utverzhdennoe prikazom Federal'noy sluzhby po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru ot 29 yanvarya 2007 g. № 37: Prikaz po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru (Rostekhnadzor) ot 6 dekabrya 2013 g. № 591. [On Amendments to the Regulations on the organization of the training and certification of experts of the organizations supervised by the Federal Service for Ecological, Technological and Nuclear Supervision, approved by the order of the Federal Service for Ecological, Technological and Nuclear Supervision of January 29, 2007 no. 37: Order on the Environmental, Technological and Nuclear Supervision (Rostekhnadzor) of December 6, 2013 no. 591] Rostekhnadzor RG.RU, 2014, no. 68, March, 26. Available at: http://www.rg.ru/2014/03/26/rabota-dok.html (accessed: 17.02.14) (in Russian).

10. Korotkiy, A. A., et al. Distantsionnaya podgotovka rukovoditeley i spetsialistov v oblasti promyshlennoy bezopasnosti pod"emnykh sooruzheniy. [Distance training of managers and specialists in the field of industrial safety of hoisting constructions.] Tekhnadzor, 2014, no. 3 (88), pp. 16–17 (in Russian).

Поступила в редакцию 08.10.2014
Сдана в редакцию 10.10.2014
Запланирована в номер 28.01.2015